

Cu seed layer 표면의 플라즈마 전처리가 Cu 전기도금 공정에 미치는 효과에 관한 연구

오준환 · 이성욱 · 이종무†

인하대학교 금속공학과

Effects of Plasma Pretreatment of the Cu Seed Layer on Cu Electroplating

Junhwan O, Seongwook Lee and Chongmu Lee†

Dept. of Metallurgical Eng., Inha University, Incheon 402-751

(2000년 12월 22일 받음, 2001년 9월 14일 최종수정본 받음)

Abstract Electroplating is an attractive alternative deposition method for copper with the need for a conformal and conductive seed layer. In addition, the Cu seed layer should be highly pure so as not to compromise the effective resistivity of the filled copper interconnect structure. This seed layer requires low electrical resistivity, low levels of impurities, smooth interface, good adhesion to the barrier metal and low thickness concurrent with coherence for ensuring void-free fill. The electrical conductivity of the surface plays an important role in formation of initial Cu nuclei, Cu nucleation is much easier on the substrate with higher electrical conductivities. It is also known that the nucleation processes of Cu are very sensitive to surface condition. In this study, copper seed layers deposited by magnetron sputtering onto a tantalum nitride barrier layer were used for electroplating copper in the forward pulsed mode. Prior to electroplating a copper film, the Cu seed layer was cleaned by plasma H₂ and N₂. In the plasma treatment exposure time was varied from 1 to 20 min and plasma power from 20 to 140W. Effects of plasma pretreatment to Cu seed/Tantalum nitride (TaN)/borophosphosilicate glass (BPSG) samples on electroplating of copper (Cu) films were investigated.

Key words: electroplating, Cu, seed layer, plasma, pretreatment

1. 서 론

Cu는 Al과 그 합금에 비해 비저항이 낮고, electromigration에 대한 내성이 우수하여 차세대 반도체 집적회로의 상부배선재료로서 Al을 대체할 유력한 재료로 주목받고 있다. Cu 성막에는 reflow sputter, CVD, plating(전해, 무전해)법이 후보로 거론되고 있다.^{1~4)} 이중 electroplating 기술은 도포 온도가 낮을 뿐만 아니라 공정 단가도 낮고, throughput이 높으며, 도포된 Cu 막의 질이 우수하고, via/trench filling 특성 또한 더 우수하다는 장점을 가진다. 특히, electroplating 법은 electroless-plating 법에 비해 도금액이 더 안정하므로 damascene Cu metallization의 trench 및 via의 filling 방법으로 매우 유력하다. 그러므로 차세대 다층배선 기술의 핵심 요소기술로 Cu의 electroplating 기술을 개발하는 것이 필요하다.⁵⁾

이러한 electroplating 기술은 증착 하고자 하는 금속이온이 존재하는 수용액 중에 wafer를 담구면서 증착하는 방법으로 이 기술에서는 먼저 금속이온이 전자로 환원되는 반응이 일어나게 되는데, 이 환원반응에 필요한 자유전자를 외부전원이 공급하는 한편, 전원과 수용액을 연결하는 역할

을 담당할 conformal한 전도막(seed layer)이 요구된다.⁶⁾

한편, 전도막(Cu seed) 표면의 전기전도성은 초기 electroplated Cu 핵생성에 중요한 역할을 하며 더 높은 전기 전도성을 가진 표면의 경우 더 낮은 전기 전도성을 가진 표면보다 훨씬 우수한 Cu 핵생성을 나타낸다.⁷⁾ 또한 electroplated Cu의 핵생성 과정은 표면 상태에 매우 민감하다고 알려져 있다.⁸⁾ 이렇듯 전도막(seed layer)은 전류를 운반하는 막이자 핵생성(nucleation)이 이루어지게 되는 막이므로 매우 순수하고, 균일하며, 낮은 전기저항, 평활한 표면, barrier layer와의 좋은 접착성 등의 요건을 갖춰야 후속 Cu electroplating 성막을 통해 우수한 막과 gap filling이 실현 가능하다. 또한 plating의 coverage성은 seed layer의 coverage에 크게 의존하고 있고, 어느 정도의 두께가 있는 seed layer가 없으면 gap을 완전히 채울 수 없게 된다.

이에 본 연구에서는 Cu seed/TaN/SiO₂/Si의 기판을 가지고 H₂와 N₂ plasma 전처리를 실시한 후 forward pulsed mode electroplating 법으로 1-2 μ m 정도의 Cu막을 도포한 후, 이 electroplated Cu막의 비저항, 표면형상, 거칠기, 우선배향성, 막성장속도, 표면의 불순물 농도와 결

† e-mail: cmlee@inha.ac.kr

합상태의 변화 등에 대해 조사하여 Cu seed 표면의 플라즈마 전처리가 후속 Cu electroplating 공정에 미치는 효과를 규명, 고찰하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 시편은 p형 (100) Si 웨이퍼로, 이를 열산화 시키기에 앞서 자연산화막과 Si 웨이퍼 표면의 불순물을 제거하기 위해 묽게 희석된 HF용액(HF:Deionized water=1:20)에서 4분간 에칭한 후 DI water로 세정을 하고 N₂가스로 건조시켰다. 이어서 열산화에 의하여 산화막을 성장시킨 후 magnetron sputtering 장비를 이용하여 TaN막과 Cu막을 차례로 증착하였다. 기본진공을 7×10⁻⁷ Torr로 유지한 후 Ta target을 이용해 N₂와 Ar 분위기에서 확산방지막으로서 250 Å 두께의 TaN막을 증착하였다. 이때 sputtering power는 300W, 공정압력은 5mTorr로 일정하게 유지하였다. 이후 Cu target을 이용하여 sputtering power 300W, 공정압력은 5mTorr로 고정시킨 챔버를 열지 않고 연속적으로 Ar 스퍼터링법으로 seed layer로서 500 Å 두께의 Cu seed layer를 증착하였다.

이렇게 준비된 Cu/TaN/SiO₂/Si 시편을 가지고 rf-plasma 세정장비를 사용하여 direct H₂ 플라즈마와 direct N₂ 플라즈마에 의하여 Cu seed layer 막표면을 precleaning 하였다. 이때 rf-power를 20W에서 120W까지 변화시켰으며, 플라즈마 노출시간을 1min에서 20분까지 변화시켰다. 이때 flow rate는 100sccm이었으며 기판 온도는 298K이었다.

플라즈마 전처리를 실시한 후 전처리되지 않은 시편, 수소 플라즈마 전처리시편, 그리고 질소 플라즈마 전처리된 시편에 각각 forward pulsed mode electroplating 조건에서 약 1μm의 Cu를 전기도금하였다. 도금을 실시하기 전에

는 시편을 계면활성제에 dipping한 후 DI water로 세척을 실시하였다. 또한, 전해액의 조성은 90g/l의 CuSO₄·5H₂O와 180g/l의 H₂SO₄이었고 전류밀도는 60mA/cm²이었다. 본 실험에 사용한 시편제작과 분석과정은 Fig. 1에 나타내었다.

이와 같이 플라즈마 세정처리한 후 Cu 막을 전착시킨 시편들에 대해 면저항은 four point probe로 측정하였으며, Atomic force microscopy (AFM)를 사용해 Cu seed막과 전착된 Cu막의 표면상태와 roughness를 관찰하였다. 구리 도금층의 표면형상은 Scanning electron microscopy (SEM)로 관찰하였고 전착된 Cu막의 결정 배향성은 X-ray diffraction (XRD)분석을 통해 관찰하였으며, Cu seed 표면의 불순물(C, metal oxide etc)이나 Cu-O의 표면 결합상태를 조사하기 위해 X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) 분석을 통해 확인하였다. 이러한 특성조사를 통해 플라즈마 전처리가 구리 도금에 성질개선에 미치는 영향을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 Si/SiO₂/TaN/Cu seed 기판 상부표면을 plasma 전처리의 공정매개변수인 plasma power를 변화시키면서 수소와 질소 plasma로 전처리한 후 전해증착한 Cu막 표면의 morphology를 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 전처리를 실시할 경우 전해증착된 Cu grain이 매우 미세하고 smooth한 막이 얻어졌다. 막의 비저항도 평균 2.0 μΩ·cm(hydrogen plasma pretreatment의 경우) 정도로 전처리하지 않은 경우에 비해 약간 낮아졌다. 이는 Cu seed layer 표면의 CuO나 여러 가지 표면 불순물 감소로 인해 더욱 개선된 전도층 표면위에 Cu막이 전착되었기 때문인 것으로 생각된다. 한편 plasma power가 증가함에 따라 Cu의 grain size와 표면의 각진 구조가 증가하였으며 특히 질소 plasma 전처리한 후 전해증착된 Cu막의 경우는 표면이 매우 거칠어지고 grain이 조대해지는 것을 알 수 있다. Fig. 3은 마찬가지로 Si/SiO₂/TaN/Cu seed 기판 상부표면을 plasma exposure time을 변화시키면서 수소와 질소 plasma로 전처리한 후 전해증착한 Cu막 표면의 morphology를 나타내고 있다. 노출시간이 증가함에 따라 grain size가 커지고 각진 구조가 매우 증가함을 알 수 있다. 수소 플라즈마로 전처리된 후 전기도금된 Cu 막의 cross-section SEM 사진(Fig. 4)을 보면 전기도금된 Cu막과 sputtered Cu seed layer 사이에 명확한 경계가 보이지 않는다. 이것은 확인되지 않았으나 전기도금된 Cu막이 국부적으로 homoepitaxial 성장했을 가능성을 보여 주는 것이라 하겠다.

Fig. 5는 전처리된 Cu seed layer/TaN 표면의 AFM 분석결과를 나타낸다. 그림에서 보듯이 수소 플라즈마로 전처리된 시편의 경우 가장 낮은 RMS roughness 값(2.31nm)을 나타내며 질소 플라즈마의 경우 약간 낮은 값(4.14nm)을 나타내고 있다. 이 값은 plasma power : 100W와 plasma exposure time : 10min의 동일한 조건

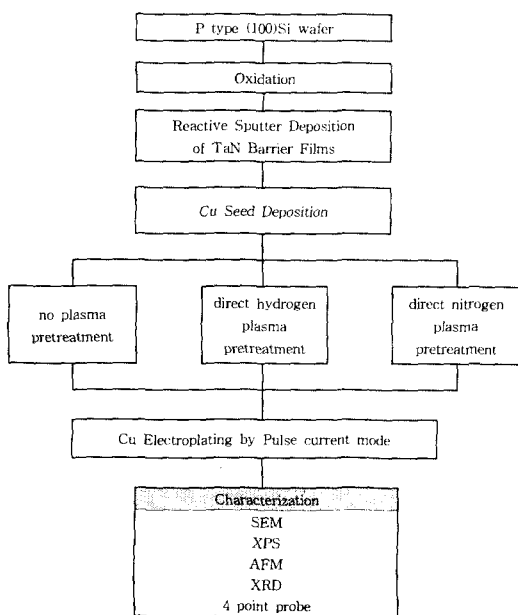


Fig. 1. Process flow for the specimen preparation and characterization

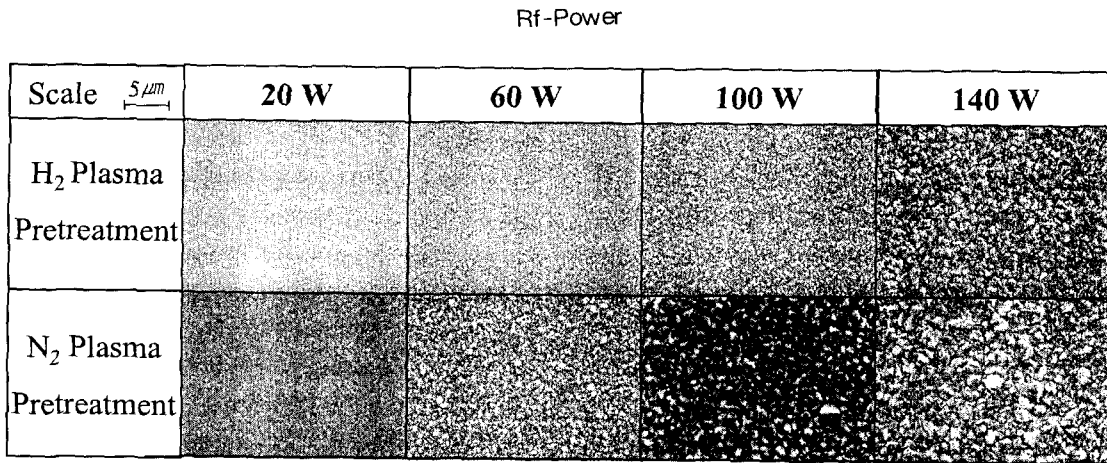


Fig. 2. SEM micrographs ($\times 5,000$) of Cu films electroplated with the plasma pretreatment at various rf-powers (exposure time : 10 min)

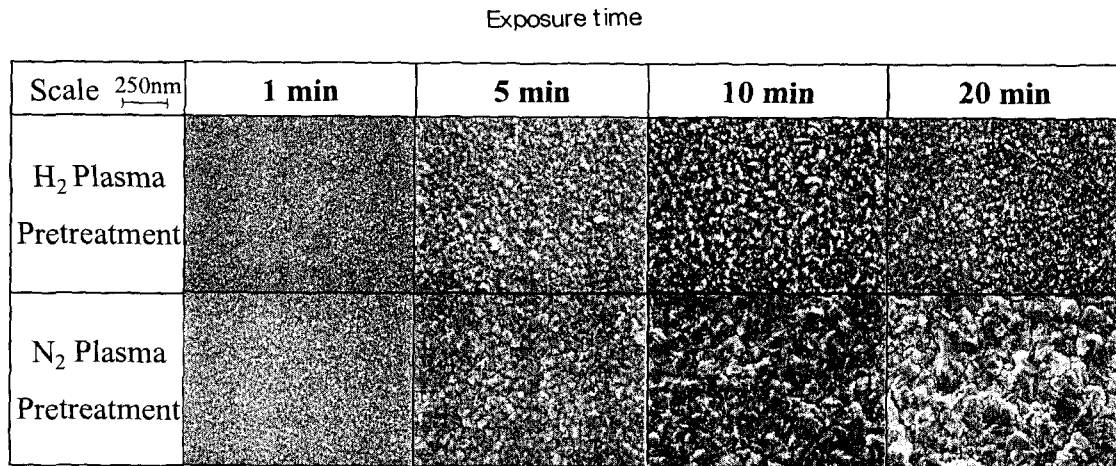


Fig. 3. SEM micrographs ($\times 10,000$) of Cu films electroplated with plasma pretreatment at various plasma exposure times (rf-power : 100W)

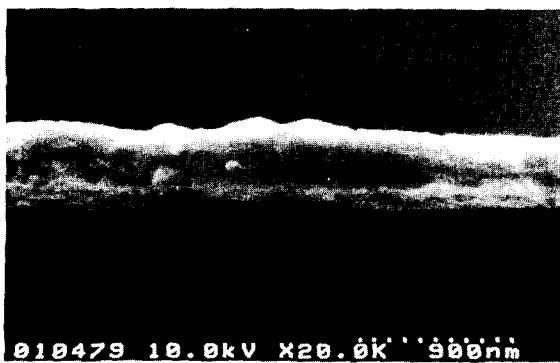


Fig. 4. A cross-sectional SEM micrograph ($\times 20,000$) of the Cu film electroplated with the plasma H₂ pretreatment (rf-power : 100W, exposure time : 10 min)

하의 값이다. 이것을 plasma power 별로 나타낸 Fig. 6을 보면 plasma power 증가에 따라 RMS roughness 값이 저하되어 더욱 부드러운 seed 계면이 얻어짐을 알 수 있다. 마찬가지로 plasma exposure time에 따른 Cu seed 표면

의 RMS roughness 값도 노출시간 증가에 따라 급격하게 RMS roughness 값이 저하됨을 Fig. 7를 통해 알 수 있다. 이 그림들에서 알 수 있듯이 질소 플라즈마의 경우는 RMS roughness 값이 완만하게 줄어드는 반면 수소 플라즈마 처리된 seed의 경우 급격한 감소로 매우 평활한 seed 계면을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 또한 이러한 플라즈마 전처리된 seed의 경우 표면의 Cu-O나 여러 가지 불순물의 감소로 전도도가 더욱 향상된 Cu seed가 되었다(플라즈마 전처리를 하지 않은 Cu seed/TaN막의 비저항이 약 $27\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 인데 반해 플라즈마 전처리를 한 Cu seed/TaN막의 비저항은 약 $24\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 수준임).

이렇게 direct plasma 전처리된 Cu seed/TaN/SiO₂/Si 상부표면에 Cu 막을 전착하였을 경우 AFM 분석결과가 Fig. 8에 나타나 있다. 이때 plasma power는 100W 이고, plasma exposure time은 100min의 경우를 비교한 것으로 수소 플라즈마 전처리한 시편의 경우 전처리하지 않은 시편에 비해 상대적으로 RMS roughness 값이 저하되었다. 즉, 더 평활한 Cu막이 전착되었다. 반면, 질소 플라즈마 전처

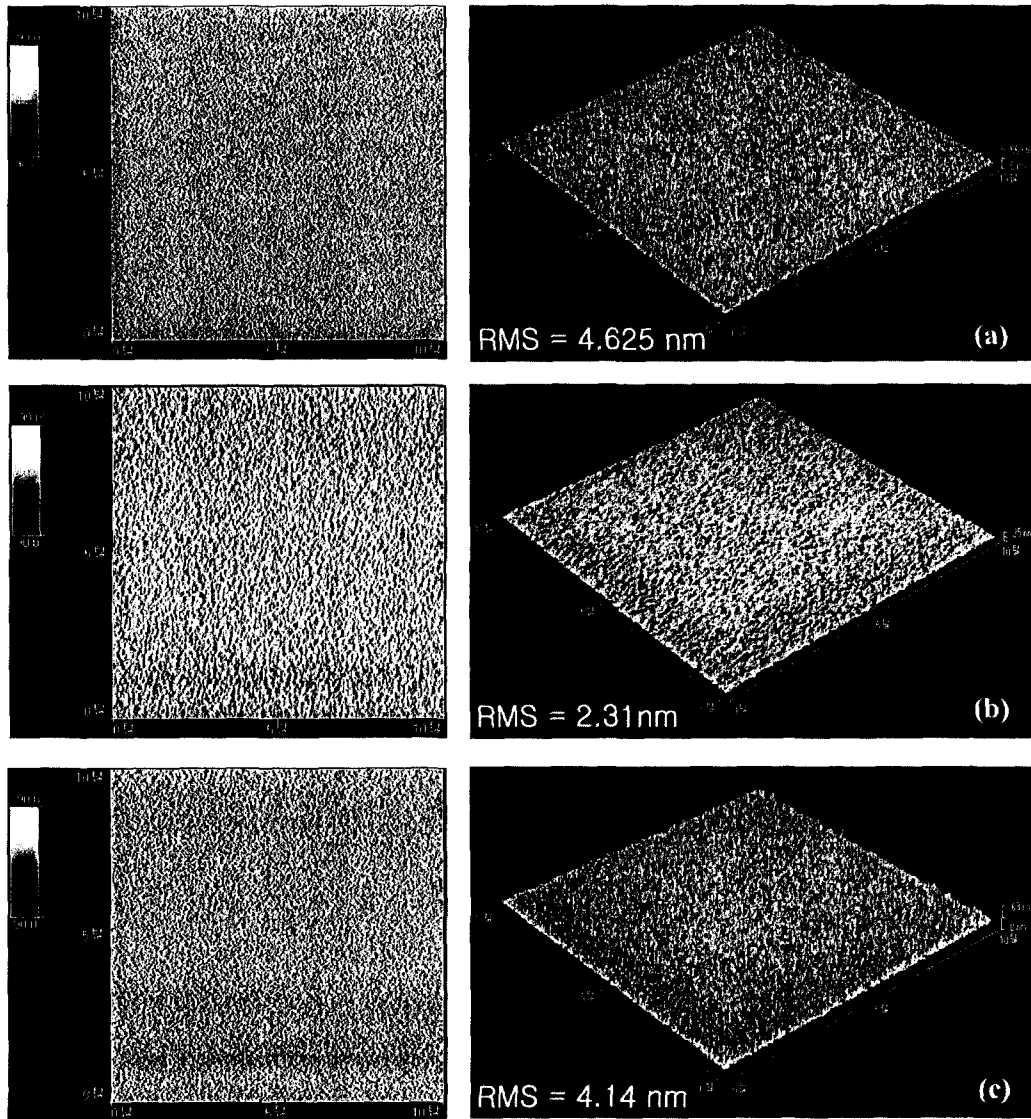


Fig. 5. AFM micrographs of the Cu seed layer/TaN samples with (a) no pretreatment (b) plasma H₂ pretreatment (c) plasma N₂ pretreatment (rf-power : 100W, plasma exposure time : 10 min)

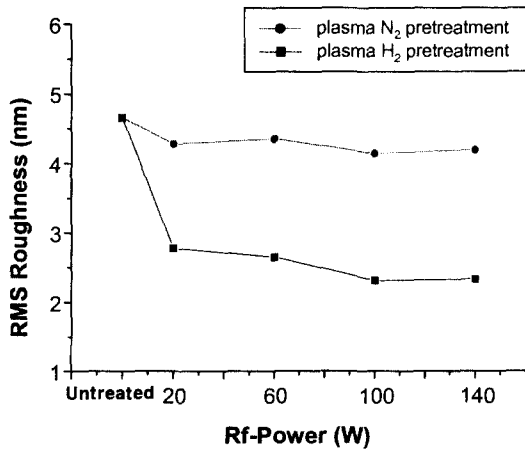


Fig. 6. RMS roughnesses of the Cu seed/TaN film deposited with plasma H₂ and N₂ pretreatments at various plasma powers. (plasma exposure time : 10 min)

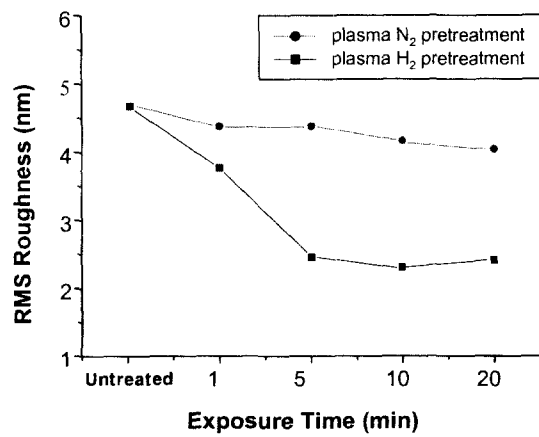


Fig. 7. RMS roughness of the Cu seed/TaN film deposited with plasma H₂ and N₂ pretreatments at various plasma exposure times. (rf-power : 100 W)

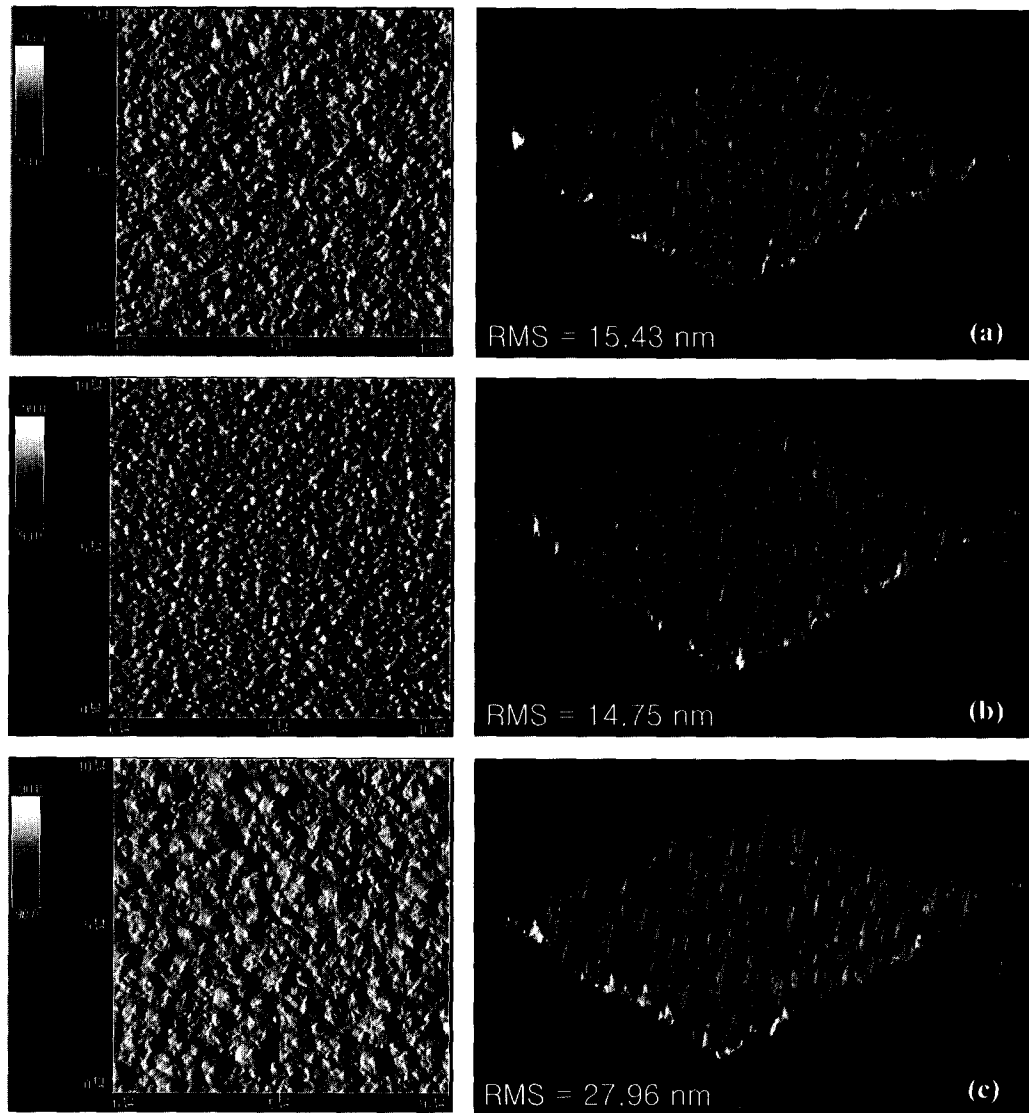


Fig. 8. AFM micrographs of the Cu films electroplated with (a) no pretreatment, (b) plasma H₂ pretreatment and (c) plasma N₂ pretreatment (rf-power : 100W, plasma exposure time : 10min)

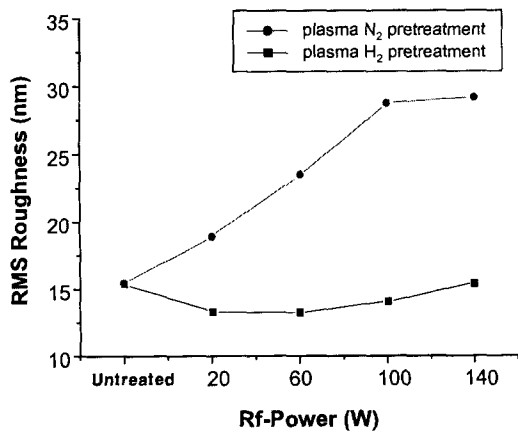


Fig. 9. RMS roughnesses of the Cu films electroplated with plasma H₂ and N₂ pretreatments at various rf-powers. (plasma exposure time : 10min)

리된 시편의 경우 전착된 구리막의 RMS roughness값이 매우 커졌으며 이는 전착된 구리막이 매우 거침을 알 수 있다.

이러한 전착된 Cu막의 RMS roughness값을 plasma power에 따라 나타낸 Fig. 9를 보면 plasma power 증가에 따라 수소 플라즈마 전처리된 경우 약간씩 RMS roughness가 감소함을 보이지만 질소 플라즈마 전처리된 시편의 경우 RMS roughness가 plasma power 증가에 따라 증가함을 보여주고 있다. 이때 plasma exposure time은 10min으로 고정하였다. 마찬가지로 plasma exposure time에 따른 RMS roughness값을 Fig. 10에 나타내었다. 이때 plasma power는 100W로 고정하였다. 플라즈마 노출시간 증가에 따라 수소 플라즈마 전처리된 Cu 전착막의 경우 약간씩 RMS roughness값이 저하되는 반면, 질소 플라즈마 처리된 Cu 전착막의 경우 급격하게 RMS roughness가 증가했음을 알 수 있다. 이러한 사실로부터 수소 플라즈마 전처리된 경우 더욱 평활한 Cu막을 얻을 수 있으며

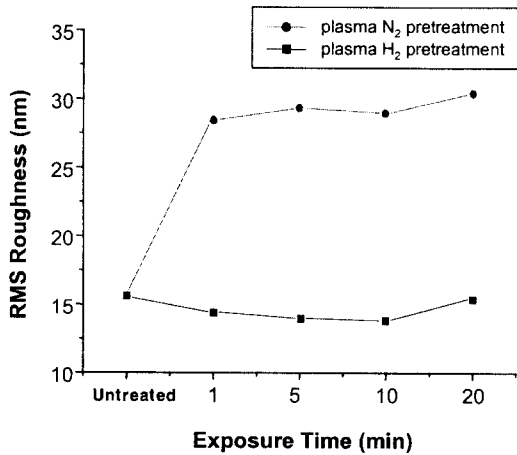


Fig. 10. RMS roughnesses of the Cu films electroplated with plasma H₂ and N₂ pretreatments at various plasma exposure times. (rf-power : 100W)

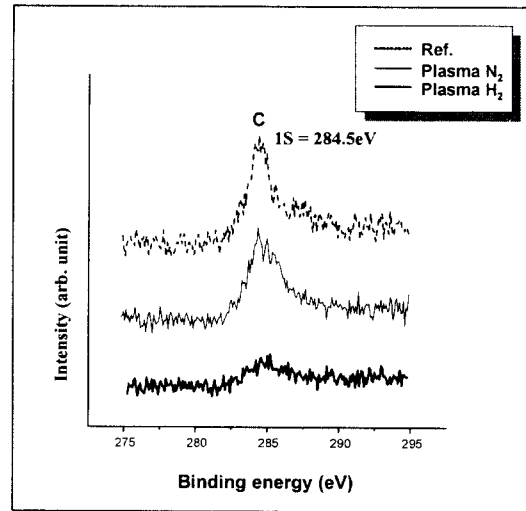


Fig. 12. The XPS C 1s peak (284.5eV) of the Cu seed layer on the TaN substrate. (rf-power : 100W, exposure time : 10min)

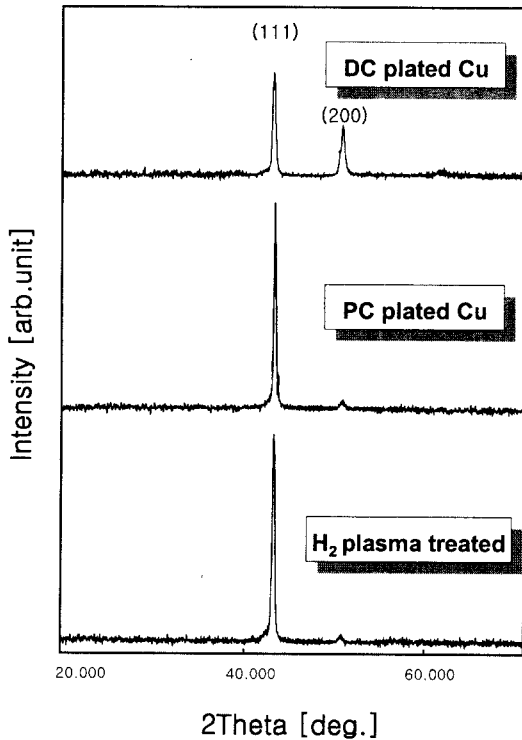


Fig. 11. XRD spectra for various types of electroplated Cu films

상태적으로 질소 플라즈마의 경우 거친 Cu 전착막이 형성됨을 알 수 있다. 질소 플라즈마 처리 시에는 Cu seed layer 표면의 산소, 탄소등의 불순물이 제대로 제거되지 않는데, 이러한 불순물들의 Cu electroplating 공정시 Cu의 핵생성을 방해하므로, 결과적으로 핵생성이 드문드문 일어나고, 개개의 핵이 크게 성장된 상태에서 서로 만나 연속된 막을 형성하므로 많은 핵이 생성되어 개개의 핵이 비교적 작게 성장된 상태에서 서로 만나 연속된 막을 형성한 후, 그 막이 두껍게 성장하는 경우에 비해 표면의 더 거칠게 되는 것으로 사료된다. 또한, 질소이온의 질량이 수소이온의 질량에 비해 더 크므로 표면의 구리 원자들을 뿔겨 내는 표

면 손상의 정도가 더 크다. 이렇게 표면손상이 더 커서 Cu seed 표면이 더 거칠어지게 되면 electroplating 후의 Cu 막 표면도 더 거칠어 질 것으로 사료된다. 상기한 두 원인 중에서는 첫 번째 원인이 더 크게 작용하였을 것으로 판단 된다.

Fig. 11은 직류도금에 의한 구리막, 펄스도금된 Cu막, 그리고 수소 플라즈마 전처리후 펄스도금된 Cu막의 XRD 패턴을 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 수소 플라즈마 처리 후 펄스도금된 Cu 막의 경우도 플라즈마 전처리를 거치지 않고 바로 펄스도금된 Cu막과 같이 (111) 배향성이 강함을 알 수 있다. 즉, 수소 플라즈마 전처리에 의하여 이어서 펄스도금 되는 Cu막의 (111) 배향성이 나빠지지 않음을 알 수 있다. 주지하듯이, (111) 배향성이 강할수록 electromigration 내성이 강하여 배선의 수명이 더 길어지는 효과가 있다.

한편, 스퍼터링법으로 증착된 Cu seed막은 electroplating법으로 Cu막을 재차 증착하기 위해 대기중에 짧은 시간 이나마 노출되는데, 이때 Cu seed막의 Cu원자들이 대기중의 산소와 반응하여 Cu seed layer내에 Cu-O결합을 많이 생성시킨다. 또한 표면에 F, O, C, N, S 등 많은 불순물이 존재하게 된다. 따라서 그 이후 electroplating법을 사용하여 Cu막을 증착함에 있어 핵생성이 매우 어렵게 되고 adhesion이나 막 특성 저하의 중요한 요인이 된다. CuO, Cu₂O의 Cu oxide들은 Cu 입자들의 agglomeration을 야기시켜 이로인한 배선연결 상태를 불량하게 하여 박막의 전기적 특성을 약화시키므로 이의 형성을 억제할 필요가 있다.

수소전처리시 수소이온들은 Cu 표면부에 존재하는 산소 원자들과 반응하여 H₂O 상태로 기화함으로써 산소원자를 제거할 뿐 아니라 이러한 반응들은 물론 rf-power와 노출시간등의 공정조건들을 증가시킴에 따라 더 활발해질 것이다.

Fig. 12, 13, 14는 Cu seed막에 수소 플라즈마와 질소 플라즈마로 전처리를 실시한 후의 XPS 스펙트럼이다. 이

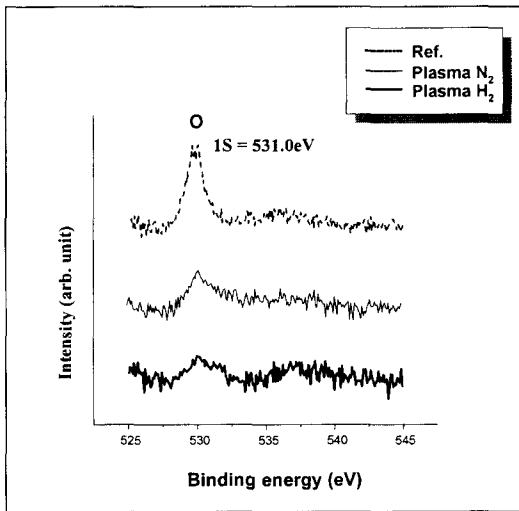


Fig. 13. The XPS O 1s peak (531.0eV) of the Cu seed layer on the TaN substrate. (rf-power : 100W, exposure time : 10min)

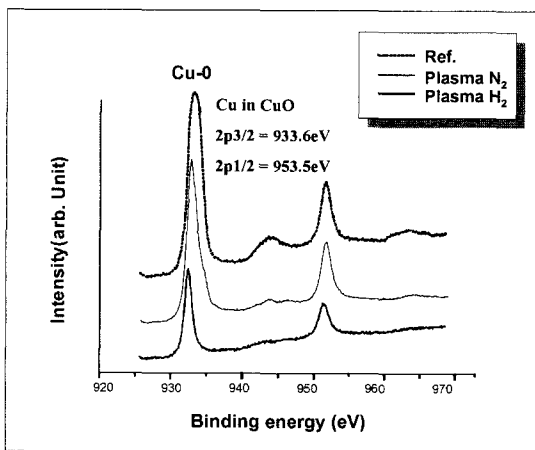


Fig. 14. The XPS of Cu 2p peak of the Cu seed layer on the TaN substrate. (rf-power : 100W, exposure time : 10min)

때 plasma power는 100W, plasma exposure time은 10min으로 고정하였다. Fig. 12의 경우 플라즈마 전처리를 통해 Cu seed 표면에 탄소 (Carbon)의 농도가 감소했음을 알 수 있다. 특히 수소 플라즈마로 전처리된 경우 상당한 탄소 농도가 감소하였다. 질소 플라즈마의 경우는 전처리 되지 않은 경우와 탄소농도가 거의 동일함을 알 수 있다. 이것은 표면의 탄소가 수소에 의해 CH₄ 형태로 증발되었기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 13의 경우 Plasma 전처리로 인해 표면의 산소나 metal oxide의 농도가 감소했음을 알 수 있다. 이때도 마찬가지로 수소 플라즈마 전처리된 시편이 가장 많은 농도의 감소를 보였다. 또한 Fig. 14는 전처리로 인해 표면에 Cu-O결합이 감소하는 것을 알 수 있다.

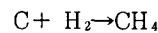
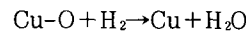
한편, Cu seed layer를 수소 플라즈마 처리하는 경우에는 seed가 patterned wafer의 전면적에 deposition되는

Table 1. 수소플라즈마 전처리효과

H ₂ plasma	→	Cu oxide의 환원 야기 precleaning RMS roughness 감소	→	순수 Cu 박막형성 전기비저항 감소 low impurity level smooth surface
-----------------------	---	--	---	--

것이 아니므로 barrier metal 조차도 플라즈마 처리의 영향을 받게 될 것으로 판단된다. 따라서, 수소가 산소결합을 제거하는 외에 질소성분도 제거하는 효과도 나타날 것으로 판단된다. 결론적으로 수소 플라즈마에 Cu seed layer/TaN 기판을 노출시킴으로서 표면의 C, O의 농도와 Cu-O가 감소했음을 알 수 있다. 이러한 수소 플라즈마 전처리는 이외에도 다른 불순물의 농도 변화에도 영향을 주었으리라 사료된다 (Table 1. 참조).

수소 플라즈마 전처리 공정동안 산소는 H₂O를 형성하기 위해 수소원자와 반응하고 Cu seed 표면에 존재하던 약간의 탄소 원자들은 CH₄를 형성하기 위해 수소와 반응한 것으로 판단된다. H₂O와 CH₄는 증발되므로 이러한 반응의 결과로 단지 free Cu 원자들만이 표면에 존재하게 된다.



그러므로, 수소 플라즈마 전처리후에 Cu seed/TaN 표면 지역에 많은 free Cu 원자들이 존재하게 된다. 이와 대조적으로 질소 플라즈마로 전처리된 시편의 경우 표면에서 약간의 변화만이 일어난다. 그러므로 질소 플라즈마로 전처리된 시편의 경우 상대적으로 약간의 free Cu 원자들만이 표면에 존재하게 된다.

결론적으로 Cu seed layer/TaN 시편 상부표면의 free Cu원자의 밀도가 전처리되지 않은 경우와 수소와 질소로 전처리된 시편 중 수소 플라즈마로 전처리된 시편이 가장 높으므로 수소 플라즈마 전처리가 후속 Cu electroplating 과정 중 핵생성과 성장에 매우 효과적임을 알 수 있다. 전술한 바와 같이 Cu seed 층 표면에 CuO, Cu₂O 등의 Cu oxide들이 존재하면 Cu 입자들의 agglomeration을 야기하고, 이러한 agglomeration의 발생은 배선 연결상태를 불량하게 하여 박막의 전기적 특성을 저하시키는 요인이 된다. 또한, 다른 불순물들의 존재도 일반적으로 Cu electroplating시 Cu 핵 생성을 방해하고 adhesion을 저하시키는 요인이 된다. 수소 플라즈마 전처리를 통하여 Cu seed 표면의 Cu-O는 수소에 의해 환원되고 탄소의 경우도 CH₄ 형태로 증발되어 더욱 불순물의 농도가 감소되고 평활하며 Cu 막 형성이 용이한 표면이 된 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 Cu electroplating의 전처리 공정으로서 Cu seed/TaN막의 plasma 전처리 공정 기술이 후속 전기 도금 공정에 미치는 효과에 대해 조사하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Direct 수소 플라즈마 처리 후 Cu seed 표면은 더욱

평활성이 개선되었으며 smooth한 seed 표면이 형성되었다. 또한 후속 전기도금 공정 실시후 전착된 Cu 막도 비교적 평활하게 전착되었다. 반면 Direct 질소 플라즈마 처리 후 Cu seed 표면은 전처리를 하지 않은 시편에 비해 평활성이 약간 개선되었지만 후속 전기도금 공정 실시후 전착된 Cu막은 매우 거친 막이 형성되었다.

2) Direct 수소 플라즈마 전처리를 통해 Cu grain이 매우 미세하고 막의 비저항도 평균 $2.0 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ (hydrogen plasma pretreatment의 경우) 정도로 전처리하지 않은 경우에 비해 약간 낮아 더욱 전기전도도가 개선되었다.

3) 수소 플라즈마에 Cu seed layer/TaN 기판을 노출시킴으로서 표면의 C, O의 농도와 Cu-O가 감소하였다. 즉, 전처리 공정동안 산소는 H_2O 를 형성하기 위해 수소원자와 반응하고 Cu seed 표면에 존재하던 약간의 탄소 원자들은 CH_4 를 형성하기 위해 수소와 반응한 것으로 판단되며 H_2O 와 CH_4 는 중발되므로 이러한 반응의 결과로 단지 free Cu 원자들만이 표면에 존재하게 된다. 따라서 수소 플라즈마 전처리후에 Cu seed/TaN 표면 지역에 많은 free Cu 원자들이 존재하게 된다. 이와 대조적으로 질소 플라즈마로 전처리된 시편의 경우 표면에서 약간의 변화만이 일어난다. 그러므로 질소 플라즈마로 전처리된 시편의 경우 상대적으로 약간의 free Cu 원자들만이 표면에 존재하게 된다.

결론적으로 Cu seed layer/TaN 시편 상부표면의 free Cu원자의 밀도가 전처리되지 않은 경우와 수소와 질소로 전처리된 시편 중 수소 플라즈마로 전처리된 시편이 가장 높으므로 수소 플라즈마 전처리가 후속 Cu electroplating 과정 중 핵생성과 성장에 매우 효과적임을 알 수 있다. 따

라서 더욱 분순물의 농도가 감소되고 평활하며 Cu 막형성이 용이한 Cu seed 표면이 된 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 특정기초 연구사업 (과제번호 : 1999-1-301-002-5)을 통한 한국과학재단의 연구비지원으로 이루어졌습니다.

참고 문헌

1. J. Musil, A.J. Bell, and M. Cepera, Czechoslovak, Journal of Physics. **45**, 249 (1995).
2. J.C. Chiou, K.C. Juang, and M.C. Chen, J. Electrochem. Soc. **142**, 177 (1995).
3. V.M. Donnelly, and M.E. Gross, J. Vac. Sci. Technol. **A 11**, 66 (1993).
4. J.B. Webb, D. Northcott, and I. Emesh, Thin Solid Films. **270**, 483 (1995).
5. V. Dubin, S. Lopatin, Robin Cheung, Electrochemical Society Proceedings Volume 98-6.
6. R.L. Jackson, E. Broadbent, T. Cacouris, A. Harrus, M. Buberger, E. Patton, T. Walsh, Solid State Technology **5**, 49 (1998).
7. B. Chin, P. Ding, B. Sun, T. Chiang, D. Angelo, I. Hashim, Solid State Technology **7**, 141 (1998).
8. Y.S. Kim, D. Jung, S. K. Min, Thin Solid Films, **349**, 36 (1999).